

# リアクトルのエアギャップ部における磁束フリンジング現象の解析

木島剛  
(JFEスチール)

Analysis on the Magnetic Flux Fringing Phenomenon at Air Gap Portion of a Reactor  
Gou Kijima, Misao Namikawa  
(JFE Steel)

## 1. はじめに

リアクトルでは磁気飽和抑制を目的として、鉄心の脚部にエアギャップが挿入される。エアギャップでは磁気抵抗を減らすべく、磁束の通過する断面積を鉄心の断面積よりも大きくしようとして磁束が膨らむ。この現象は磁束のフリンジング(fringing)と呼ばれ、幾何学的な仮定からフリンジング幅はエアギャップ長の半分であると見積もられる場合が多い。一方で、エアギャップ付近では磁束の集中に起因した漏洩磁束が発生するため、測定した磁束をフリンジング磁束と漏洩磁束に区別することは原理的に難しい。そのため磁束のフリンジング幅はリアクトルの損失やインダクタンスなどの性能に大きな影響を及ぼすにも関わらず、これまで定量的に評価されてはこず、どのような因子に影響されているのかも明確にされてこなかった。

そこで本研究は2D-電磁気FEMシミュレーションを実施すると同時に電磁気学的な議論を行い、磁束のフリンジングの大きさが何に影響されているかを解析した。

## 2. 計算方法

本研究では磁束のフリンジングの大きさを、鉄心端部を通過する磁束のフラックスラインが最も鉄心と離れた時の距離として定義する(図1)。

図2に示すモデルを用いて、2D-電磁気FEMシミュレーションを実施した。その際、エアギャップ部の長さを1.0mmから3.0mmまで変化させて、磁束のフリンジングの大きさを評価した。また、コイル(銅)は脚部周りに35turns巻かれているものとし、そこに直流150Aの電流が流れているとした。鉄心素材の特性は6.5%珪素鋼のものを用いた。

## 3. 結果と考察

図3に計算によって求めたフリンジング幅とエアギャップ長の関係を示す。これを見ると、エアギャップ長が大きくなるほど、フリンジング幅も大きくなる。だが、フリンジング幅の大きさは、幾何学的な仮定に基づく見積もり(=エアギャップ長の半分)よりは明らかに小さい。そこでMaxwellの方程式を基に、エアギャップ中の磁束の流れを対象として解析的にフリンジング幅を導出したところ、以下の式(1)を得た(導出方法の詳細は発表にて報告)。この式は、FEM計算によって得られた結果と良い一致を示した(図3)。また式(1)によると、フリンジング幅はエアギャップ長のみならず、リアクトル脚部の幅にも影響されることがわかった。

$$L_f = \sqrt{\frac{\pi}{4A}} L_a^{\frac{1}{2}} L_g^{\frac{3}{2}} \quad \dots(1) \quad L_f: \text{磁束フリンジング幅} \quad L_a: \text{リアクトル脚部の幅} \quad L_g: \text{エアギャップ長} \quad A \text{は定数}$$

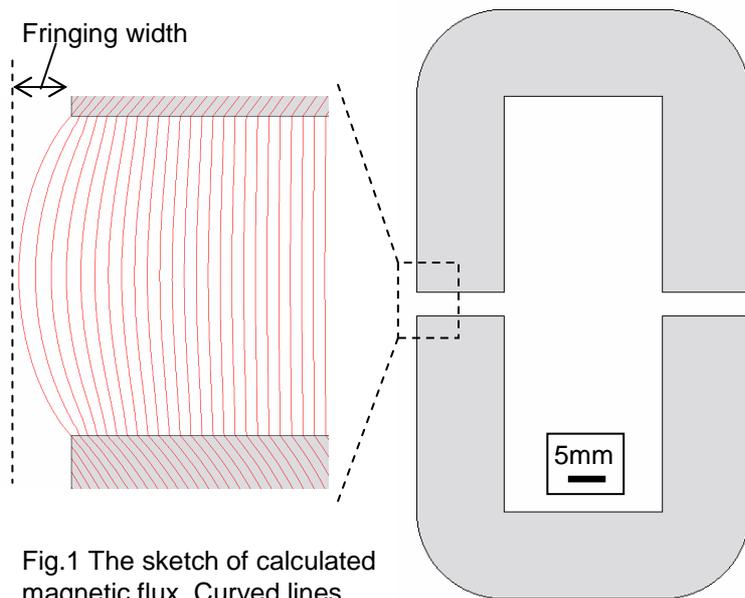


Fig.1 The sketch of calculated magnetic flux. Curved lines indicate flux line.

Fig.2 Simulation model of a reactor.

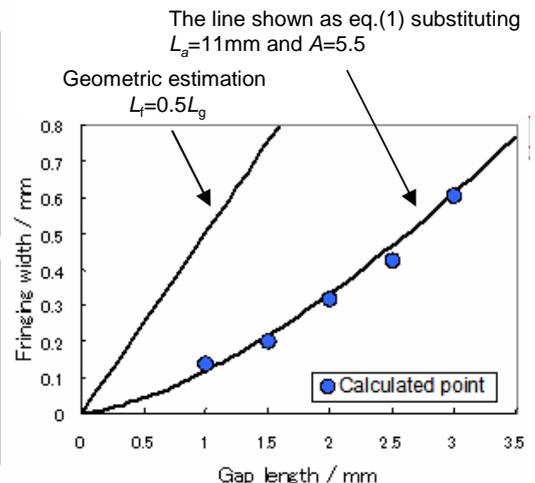


Fig.3 The relationship between fringing width and air gap length.